

IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL NA ODONTOLOGIA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

THREE DIMENSIONAL PRINTING IN DENTISTRY: A LITERATURE REVIEW

Rafael do Nascimento Silva¹, Danielle Lago Bruno de Faria².

1. Graduando do curso de odontologia pelo Centro Universitário Tabosa de Almeida ASCES-UNITA - Caruaru, PE, Brasil.
2. Doutora em odontologia pela Universidade Cruzeiro do Sul. Professora do curso de odontologia do Centro Universitário Tabosa de Almeida ASCES-UNITA - Caruaru, PE, Brasil.

Palavras-chave:

*Impressão Tridimensional.
Tecnologia Odontológica. CAD-CAM.*

RESUMO

Devido ao avanço tecnológico e a busca da excelência do tratamento, a prototipagem rápida (PR) tornou-se realidade na odontologia com uso de exames de imagem, sendo a tomografia computadorizada a mais utilizada. Assim, é possível analisar com precisão a anatomia do paciente e simular o procedimento nos biomodelos, resultando na otimização do tratamento. O objetivo do trabalho é descrever a aplicação dos processos de impressão tridimensional na odontologia. Foi realizada uma revisão de literatura integrativa utilizando os descritores: Impressão Tridimensional, CAD-CAM e Odontologia Digital nas bases de dados PubMed e Scielo e nos bancos de dados Europe PMC e BVS. Os protótipos vem sendo um marco na odontologia moderna, sendo eles réplicas de estruturas anatômicas que são criados a partir da conversão de imagens 3D obtidas por meio de exames de imagem, como a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), em imagens reais. As imagens adquiridas são reformatadas por meio de softwares específicos que utilizam os sistemas CAD e CAM. O biomodelos permite a simulação do respectivo procedimento, evitando imprevistos no transoperatório, aumentam a segurança e estreita a relação entre o profissional e o paciente, resultando na maior satisfação no resultado final.

Keywords:

*3D Printing. Dental Technology.
CAD-CAM.*

ABSTRACT

Due to technological advancement and the search for excellence in treatment, the rapid prototyping (RP) becomes reality in dentistry with the imaging exams, being the computed tomography being the most used. Thus, it is possible to accurately analyze the patient's anatomy and simulate the procedure on biomodels, resulting in treatment optimization. The objective of the work is to describe the application of three-dimensional printing processes in dentistry. An integrative literature review was realized using the descriptors: Three-dimensional printing, CAD-CAM and Digital Dentistry in the PubMed and Scielo databases and in the Europe PMC and BVS databank. The prototypes have been a landmark in modern dentistry, they are replicas of anatomical structures that are created from the conversion of 3D images obtained through image exams, such as computed tomography (CT) and magnetic resonance (MR), in real images. The acquired images are reformatted using specific software using the CAD and CAM systems. The biomodel allows the simulation of the respective procedure, avoiding unforeseen circumstances during the operation, increasing safety and strengthening the relationship between the professional and the patient, resulting in greater satisfaction in the final result.

41

Autor correspondente:

Rafael do Nascimento Silva
E-mail: 2017202161@app.ascses.edu.br

INTRODUÇÃO

A tecnologia tridimensional (3D), desenvolvido na engenharia, adentra nas diversas áreas da ciência com novas técnicas a fim de facilitar a manufatura e melhorar o resultado dos serviços. A primeira impressão em 3D foi relatada por Charles Hull em 1988, surgindo o primeiro modelo impresso por prototipagem rápida (PR), que visava à obtenção prévia do produto e assim, viabilizar o planejamento da construção do objeto, evitando custos excessivos e erros de produção¹.

Desde então, a técnica tem sido melhorada e amplamente utilizada na saúde. Na odontologia, a tecnologia

3D tem tido um avanço significativo através da manufatura aditiva (MA) e da prototipagem rápida e vem revolucionando o trabalho dos cirurgiões-dentistas. Praticamente, só era possível realizar impressão de protótipos por meio de serviços terceirizados. Com a modernização, métodos mais exequíveis foram aplicados à técnica permitindo que os profissionais a incorporassem na prática clínica².

A PR e a MA são métodos os quais é possível gerar um uma cópia em tamanho real da estrutura anatômica do paciente com alta precisão a partir de imagens tridimensionais virtuais obtidas por exames de imagem, como a TC e scanners intraorais. Os modelos auxiliam no diagnóstico, permitem

um aprimoramento no planejamento e a pré-visualização do tratamento em implantes com confecção de guias cirúrgicos, na instalação de próteses, em cirurgias buco-maxilo-faciais, em alinhamentos ortodônticos e em próteses maxilo-faciais³.

Os biomodelos permitem a melhor análise da anatomia e das dimensões reais do paciente, das patologias, dos defeitos ósseos, de fratura facial e de seios paranasais. Portanto, há uma redução nas etapas do procedimento e nos custos de materiais para realizá-lo, menor tempo cirúrgico, menor agressão aos tecidos, diminuição do risco de contaminação no transoperatório, melhor cicatrização e por fim, aperfeiçoamento no resultado. Além disso, há maior confiança no profissional por ampliar a comunicação com o paciente e proporcioná-lo maior conforto e segurança. Apesar da maior acessibilidade atual, o custo para implantar a técnica no consultório ainda é alto^{4,5}.

São diversas as técnicas de fabricação. Entre elas estão a estereolitografia (SLA), a sinterização seletiva a laser (SLS), a impressão tridimensional (3D printing), a modelagem por deposição fundida (FDM), o processamento digital de luz (DLP) e o Poyjet. Os modelos são criados a partir de imagens bidimensionais (2D) que são geradas por meio de tomografia computadorizada e scanner intraoral e estes definem a qualidade da imagem tridimensional. É possível utilizar a ressonância magnética, no entanto, esse exame é mais solicitado para criar protótipos de tecidos moles. As imagens são processadas e transformadas em imagens tridimensionais e manufaturadas por máquinas por meio do sistema *Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM)*^{3,6}.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi desenvolvido um trabalho de revisão de literatura integrativa qualitativa de caráter descritivo e analítico por meio de pesquisa bibliográfica. Para isso, foram utilizados os seguintes descritores: Impressão Tridimensional, CAD-CAM e Odontologia "AND". Os trabalhos foram pesquisados nos bancos de dados BVS e Europe PMC e nas bases de dados PubMed e Scielo. Foram encontrados 2.057 trabalhos nos resultados da pesquisa.

Os trabalhos incluídos foram os publicados entre 2015 e 2020, em idiomas inglês e português de periódicos nacionais e internacionais com avaliação cega por pares. Também foram incluídas revisões de literatura, estudos originais, monografias e um livro que traziam os tipos de prototipagem rápida e o seu uso na odontologia. Foram excluídos os trabalhos que abordavam superficialmente o tema.

Foi feita a leitura exploratória dos títulos com aplicação dos critérios de elegibilidade e 116 trabalhos foram selecionados para próxima etapa, onde foi feita leitura exploratória dos resumos, restando 42 trabalhos eleitos. Ao final, foi realizada a leitura integrativa e 26 foram selecionados como objeto de estudo (Figura 1).

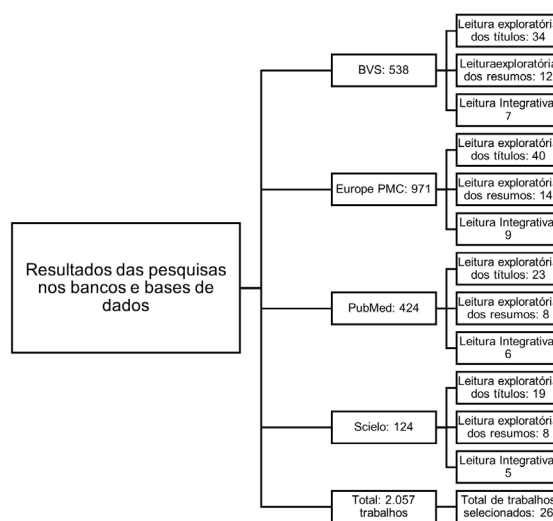


Figura 1 – Fluxograma da seleção dos artigos

RESULTADOS

Técnicas de Manufatura Aditiva

As técnicas de PR têm processos semelhantes. O protótipo virtual é formado em softwares CAD a partir de imagens bidimensionais em cortes axiais no formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) que são processadas e convertidas em imagens 3D com formato em STL (Standard Language Triangulation). Em seguida, o protótipo real é feito por sobreposição de camadas de determinado material sob comando de softwares CAM e, após o processamento, é realizado o acabamento. A maior diferença está no material – líquidos, sólidos e em pó – e no indutor da reação de polimerização – calor, luz ultravioleta, laser ou elétron^{7,8}.

Estereolitografia a Laser (SLA): é a técnica mais utilizada devido a sua precisão, a boa lisura superficial e a alta resistência. O biomodelo é criado com resina líquida fotopolimerizável e de baixo peso molecular composta por monômeros, fotoiniciadores e aditivos. O material é adicionado em uma plataforma na qual se solidifica por reação a luz ultravioleta (UV) emitida por galvanômetros com comprimento de onda entre 385 nm e 405 nm. Essa luz reflete em um espelho que se move para formar a imagem pré-determinada sobre a plataforma e o modelo vai criando forma por sobreposição de seções transversais. Em seguida, o modelo é imerso em solvente para eliminar os monômeros residuais e então, todo objeto é fotopolimerizado para alcançar a cura completa da resina. Devido a sua precisão, o modelo pode ser usado para produzir guias cirúrgicos de implantes, coroas totais, alinhadores ortodônticos e permite a visualização de estruturas internas como, por exemplo os canais neurovasculares e dentes impactados^{1,9}.

Processamento Digital de Luz (DLP): é realizada de forma semelhante a SLA com polimerização de resina líquida. Diferencia-se na forma que a luz ultravioleta é aplicada.

O raio de luz UV é emitido por um projetor diretamente no material presente no tanque e emite a imagem a ser produzida em cada camada⁹. Essa técnica resulta em biomodelos com superfícies lisas, é relativamente rápida e é mais barata que a estereolitografia por laser¹⁰.

A literatura aponta que durante a cura na SLA e na DLP, a resina alcança 80% de polimerização, havendo necessidade de uma exposição do produto fabricado à luz ultravioleta para completar a polimerização, o que leva a contração dimensional devido às potentes ligações covalentes entre os monômeros. A contração é influenciada pelos fotoiniciadores do material, pela intensidade de radiação e pela temperatura de cura^{11,12}.

Além da contração, a SLA e a DLP são técnicas de alto custo as quais só é possível a manufatura a partir de resina líquida e por isso, o modelo há monômeros residuais em sua estrutura que podem causar irritações no epitélio do paciente. Além disso, os protótipos não apresentam longevidade¹⁰.

Sinterização a Laser Seletivo (SLS): aparenta com a SLA. No entanto, é utilizado um monômero em pó, o qual se sintetiza as camadas por indução do calor de dióxido de carbono emitido pelo laser por dois eixos (x e y) com temperatura próxima ao ponto de fusão do material. As camadas se ligam por reações químicas induzidas pelo calor. A máquina tem 2 tanques onde se tem o material em um sendo distribuído para formar as camadas sobrepostas em outro. Um sistema de roletes controla o fluxo do monômero para sofrerem ação do laser e das camadas¹³.

A técnica permite a produção de inúmeras peças em um curto período. Porém, o modelo produzido por SLS apresenta dureza e dificulta a perfuração no planejamento de implantes. É muito útil para próteses dentárias por ser uma técnica versátil quanto aos materiais, podendo ser estes: nylon, cera de fundição, poliéster e cerâmicas. A sinterização seletiva a laser também pode ser realizada com pó de metais, sendo descrita como fusão seletiva a laser (SLM) ou sinterização direta de metal a laser (DMLS). Apesar de apresentar muitas opções de materiais, essa técnica tem um manuseio da máquina e pós-processamento dificultoso¹⁰.

Fusão Seletiva a Laser: É possível imprimir modelos metálicos com quase todas as ligas metálicas. O metal é colocado em uma câmara a vácuo ou com gás inerte para evitar reação química quando exposto a temperaturas mais altas. O laser tem o foco mais fino e energia de densidade maior, resultando em maior acurácia e melhor lisura de superfície, além de proporcionar boas propriedades mecânicas. Com isso, não necessita de pós-processamento. Mas, o processamento é mais lento, com limites de tamanho e mais caro¹⁴.

Modelagem por Fusão e Deposição (FDM): é feita com aquecimento de filamentos de termoplásticos, podendo ser resina, poliéster e cera. A máquina contém 3 eixos (X, Y e Z) e 2 bicos extrusores que sofrem movimentação nos eixos X e Y. O material é aquecido nos orifícios até sua forma semilíquida e extruído. Há sobreposição de camadas que se solidificam menos de 1 segundo na plataforma que se movimenta no eixo Z¹⁵.

O ácido polilático, o acrilonitrila butadieno estireno, o policarbonato e PEEK – poli (éter-éter cetona) – são os

polímeros termoplásticos utilizados na técnica¹⁶. A qualidade na FDM depende da velocidade de extrusão do material, da fluidez do material e do tamanho de cada camada. Sua precisão é inferior as outras técnicas, tem resistência variável e apresenta alta porosidade. É muito útil para fabricar protótipos que não necessitam de muitos detalhes anatômicos¹⁰.

Impressão Tridimensional ou 3D Printing: os protótipos são formados a base de um agente aglutinante, pó cerâmico e polímero. Assim como a FDM, também tem 3 eixos: X, Y e Z. O cabeçote com o agente aglutinante se movimenta nos 2 primeiros e libera o conteúdo sobre o pó cerâmico e o polímero que se encontram na mesma plataforma que se movimenta no eixo Z. O material pode ser polimerizado por radiação ultravioleta, reação química, calor ou secagem. Assim é formada camada sobre camada em alta velocidade e por fim, é realizada a infiltração, processo o qual se elimina as porosidades do modelo. Esta técnica é a que apresenta o menor custo. Há possibilidade de criar modelos coloridos com jatos de tinta na impressão. Contudo, os protótipos apresentam porosidade superficial¹⁷.

Polyjet: é a que fornece os resultados mais precisos devido a sua alta resolução. O material é um líquido fotossensível translúcido que fica posicionado em um tanque e é solidificado por emissão de luz ultravioleta. Há uma variedade de materiais que podem ser utilizados, como resina acrílica, dependendo da densidade, da dureza e da resistência do material. O processo é rápido e permite a manufatura de réplicas mais complexas, sendo excelente para guias cirúrgicos e próteses maxilo-faciais. Além disso, a manutenção do aparelho é mais simples que muitas técnicas^{16,17}.

Aquisição e Processamento de Imagens

A eficiência da TC está no fornecimento de imagens em voxel isotrópico, ou seja, as imagens têm unidades idênticas. Isso faz com que haja maior qualidade e que alcance resolução máxima. Os cortes axiais são fornecidos em formato DICOM, no entanto, para serem manipulados e reformatados em imagens tridimensionais, é necessário que sejam convertidos para o formato padrão SLT por meio de softwares específicos de sistema CAD e CAM. Nesse processo, as imagens axiais ganham cortes sagitais e coronais, dando o formato tridimensional às estruturas desejadas permitindo que se estude o seu volume, o diâmetro, a altura e os ângulos. Apesar das vantagens da TC, há contraindicações para gestantes e para pacientes alérgicos ao contraste^{17,18}.

Entre as técnicas tomográficas, a tomografia computadorizada cone beam (TCCB) ou de feixe cônico é relatada como uma das mais vantajosas por emitir doses menores de radiação que a tomografia convencional. As imagens são adquiridas em qualquer um dos planos (axial, sagital e coronal) de forma mais rápida e com mínima distorção através de um cilindro radiográfico, garantindo uma exposição mais delimitada¹⁹.

A tecnologia CAD/CAM beneficia o tratamento por possibilitar o planejamento virtual e processar imagens para

imprimir modelos em 3D. As imagens podem ser obtidas por TCCB, escaneamento ou associação das 2 técnicas. Assim, pode ser feito o enceramento diagnóstico, simular o sorriso do paciente e garantir a satisfação do paciente já que permite que o resultado final é planejado com sua opinião, dentro dos limites clínicos²⁰.

Segundo Costa, Yasuda, Nahás-Scocate¹⁸, há alguns softwares para download gratuitos na internet para converter as imagens em modelos tridimensionais e estes apresentam interface prática e funções avançadas. Dentre eles, o 3D Slicer que está disponível gratuitamente e foi lançado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), sendo compatível com as mesmas plataformas Windows e Apple. O ImageJ foi criado pelo Nacional Institute of Health e é compatível com as plataformas citadas assim como o ITK/SNAP (www.itksnap.org). Um trabalho cita o software Invisaling[®] para realizar planejamento virtuais do tratamento ortodôntico¹⁰.

O InVesalium é um software brasileiro que tem como desenvolvedor o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer. É compatível com Windows, Linux e Apple. O download é gratuito e está disponível em seu próprio site. Nele, as imagens geradas em DICOM são convertidas para SLT e manipuladas ao final do processo⁷.

Biomodelos aplicados na prática odontológica

Cirurgia Bucomaxilofacial: O processo de manufatura aditiva permite que seja feito um planejamento virtual que seja simulado no biomodelo representando a anatomia do paciente. Com isso, proporciona vantagens nas cirurgias que se tornam mais previsíveis, menos invasivas, mais rápidas e conseqüentemente, com menor contaminação, além de reduzir a morbidade e facilitar a orientação do paciente quanto ao seu tratamento¹⁷.

É possível planejar ressecção mandibular, pré-determinar a forma e o comprimento da placa de titânio e a quantidade de parafusos para osteossíntese, pré-determinar dimensões de osteotomias e enxertos, produzir guias cirúrgicos e reconstruir ATM. É interessante que se produza o modelo com material que possa ser esterilizado, como o nylon, para mantê-lo em sala cirúrgica¹⁰.

Implantodontia: O protótipo permite que sejam obtidas guias cirúrgicas que direcionam a incisão e a perfuração. Assim, há menor trauma cirúrgico e um posicionamento mais preciso, o que confere resultados mais satisfatórios. O método pode tornar a reabilitação mais segura e menos invasiva em pacientes com epidermólise bolhosa distrófica^{10,17}.

Também há relatos recentes na literatura de implantes metálicos impressos em 3D com aço inoxidável. Os modelos são produzidos de forma personalizada e mais rapidamente e com baixa porosidade, têm baixo custo de fabricação e com o sistema CAD/CAM, é possível reproduzir os objetos¹⁴.

Prótese: Pode-se planejar próteses fixas (PF), parcial removíveis (PPR) e totais (PT) em softwares CAD. A literatura aponta maior precisão, custo favorável do processamento e menor desperdício de material. É possível fazer coroas de dentes pilares e pontes de próteses fixas. As coroas

metalocerâmicas são produzidas inicialmente com o modelo cerâmico posteriormente imerso em metal fundido. A partir do planejamento, pode ser gerado o modelo e com ele, produzir um mock-up para prever o resultado do tratamento^{17,20}.

Estruturas metálicas podem ser impressas em manufatura aditiva com ligas metálicas ou metais puros, porém a técnica exige maiores processamentos e é mais cara. Para aquisição de imagens, pode-se associar as técnicas convencionais com as técnicas de impressão 3D. Primeiro é feito o escaneamento extraoral do modelo de gesso e em seguida, a imagem é processada pelos softwares e o modelo é impresso^{10,17}.

Ortodontia: A prototipagem rápida é usada para colar bráquetes de forma mais precisa e para fabricar alinhadores dentários, os quais podem ser planejados a partir do realinhamento virtual dos elementos dentários em softwares específicos. Além disso, podem ser impressos retentores, aparelhos para apneia do sono e bráquetes personalizados para aparelho lingual e o protótipo pode ser utilizado para planejar o tratamento de caninos impactados. A manufatura nesses casos pode ser feita em SLA com resina líquida^{1,10,20}.

Endodontia: Modelos podem ser fabricados em dentes com sistemas de canais complexos, como o primeiro molar superior inferior. O protótipo permite melhor visualização das estruturas internas do elemento, permite diagnóstico de lesão apical e de reabsorção radicular¹.

Prótese Maxilofacial: A impressão 3D permite que as próteses sejam produzidas com a riqueza de detalhes necessárias internamente e externamente. O modelo pode ser feito por SLA com o polímero PEEK (éter-éter-cetona). A técnica confere redução no processamento pós-impressão e numa rápida produção¹⁰.

Cirurgia Ortognática: Os métodos tradicionais de diagnóstico e planejamento têm limitações em, por exemplo, casos de assimetria facial. A prototipagem rápida supre essa limitação permitindo mensuração de assimetrias através dos modelos. É possível planejar distrações osteogênicas em tratamento de má-oclusão tipo II e prever o resultado final¹⁷.

Farmacologia: Um campo que está crescendo em materiais produzidos por manufatura aditiva é a farmacologia através dos meios de administração de medicamentos. Com a SLA, estão sendo testadas microagulhas e cápsulas personalizadas de acordo com as necessidades do tratamento. Os benefícios podem estar na farmacocinética da substância administrada e na limitação dos efeitos adversos⁴.

Gradação: A PR pode ser utilizada para fabricar peças com anatomia complexas, como a anatomia dentária, em tamanhos aumentados em até 3 vezes, gerando os macromodelos que são muito úteis para o aprendizado²¹.

DISCUSSÃO

Os protótipos são úteis para auxiliar diagnóstico, realizar planejamento, prever as complicações do transoperatório e os resultados do tratamento, melhorar a comunicação entre o profissional e o paciente e aumentar a confiança de ambos. Além disso, o desperdício de material

é mínimo e seu processo de fabricação permite produções simultaneamente. Entre tantos benefícios, a técnica da manufatura aditiva tem sido adaptada na prática odontológica tendendo a ser o futuro cenário dos consultórios^{17,22}.

Gholamipour-Shirai et al.⁸ traz mais vantagens da MA, como a redução de gastos no processo de fabricação, de mão-de-obra e do tempo de conclusão do modelo. Apesar da diversidade de aplicação, algumas características da técnica precisam ser consideradas de acordo com o objetivo da criação dos modelos, como o seu emprego nas produções em massa devido aos limites na velocidade de fabricação.

Um estudo comparou os modelos produzidos por DLP e por Polyjet com modelos de gesso pedra. Os resultados apontaram que os protótipos apresentaram precisão suficiente para substituir a técnica convencional. Entre os métodos de impressão, a Polyjet obteve maior acurácia que a DLP²³.

Quadri et al.¹ relatou expectativas superiores em próteses de impressão 3D quando comparadas com as próteses convencionais. Também relatou a possibilidade de produzir coroa total em cerâmica, PPR, modelos para confeccionar próteses manualmente e estruturas metálicas por SLM e SLS. Quanto as próteses totais, os autores citaram o insucesso da técnica na finalização, necessitando de acabamento convencional. Em outro trabalho¹⁷ foram encontrados resultados satisfatórios no contorno e na textura da PF. Em contrapartida, a sombra e a translucidez foram insatisfatórias. Os autores entrevistaram pacientes que utilizam PT impressa por MA e os mesmos responderam que estavam satisfeitos com os resultados estéticos e funcionais e que as peças eram semelhantes com as convencionais.

Foi feito um estudo in vitro com 5 modelos de um arco maxilar com preparo de dentes pilares (24 e 26) para PF. As imagens foram obtidas através de escaneamento intraoral, processadas pelo software Netfabb (Institut Straumann AG, Suíça) e a impressão foi feita por 3D Printing. O armazenamento foi feito em condições semelhantes às da cavidade oral durante 4 semanas. Após a 3ª e a 4ª semana, os resultados mostraram alterações dimensionais, porém com relevância clínica insignificante. Com isso, questiona-se a estabilidade dimensional da prótese a longo prazo²⁴.

Um dos problemas mais destacados nas próteses é o monômero residual metacrilato de metila (MMA) liberado pelo polímero usado para fabricar as peças, o polimetacrilato de metila (PMMA). A liberação de MMA afeta a estabilidade dimensional e facilita a aderência de microrganismos. Devido às altas temperaturas e à pressão elevada na manufatura aditiva, as cadeias poliméricas são mais longas e têm maiores grau de conversão que na confecção convencional, o que diminui os monômeros residuais e a porosidade e confere maior dureza e resistência ao desgaste. Assim, é possível diminuir a incidência de estomatite protética²⁵.

Apesar da grande eficiência dos exames de imagem em 3D para direcionar o tratamento de caninos impactados, a visualização 2D limita a qualidade perceptiva. No estudo, foram replicados 5 casos de impactação de canino superior em protótipo a partir de imagens de TCCB associada a escaneamento intraoral. Para cada caso, foi gerado um modelo

convencional de toda arcada e outro impresso exclusivamente com os elementos dentários que permitia visualizar o dente impactado. O autor entrevistou ortodontistas que avaliaram maior percepção e melhor planejamento com a técnica de PR, o que possibilita seu uso como exame complementar²⁶.

A produção de implantes dentários pode ser feita por SLS, SLM e DDML (Deposição Direta de Metal à Laser). No entanto, precisa ser mais estudada e comparada com os métodos convencionais para poder ser usada com segurança. Há muitas pesquisas atuando no aperfeiçoamento da técnica⁷.

Para minimizar o efeito, foi realizado um estudo para identificar quais regiões da plataforma e quais angulações do espelho sofrem mais com a contração. Com um cálculo matemático, foi possível compensar a contração¹¹. Almeida⁹ verificou que a fotopolimerização após impressão resultou em aumento na microdureza e na resistência à tração e à flexão.

CONCLUSÃO

Os processos de impressão 3D representam o futuro dentro da odontologia digital fornecendo soluções mais rápidas, econômicas e eficazes. Os procedimentos são mais simples, seguros e previsíveis e há uma maior segurança do operador e do paciente, gerando confiança e melhor relação profissional. A manufatura aditiva permite que sejam feitos objetos personalizados que aperfeiçoam o tratamento por possibilitar a produção individual. No entanto, com os diversos métodos de impressão e de materiais, o fluxo de trabalho digital se torna complexo e estabelece uma dificuldade de se obter um protocolo padrão e de reconhecer a longevidade do tratamento. Portanto, é necessário que o campo continue sendo estudado para que seja aprimorado já que é a promessa do futuro na odontologia.

FINANCIAMENTO

Não houve financiamento.

CONFLITO DE INTERESSES

Declaramos que este trabalho não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

1. Quadri S, Kapoor B, Singh G, Tewar RK. Rapid prototyping: An innovative technique in dentistry. *J Oral Res Ver.* 2017;9(2):96-102.
2. Deeb GR, Allen RK, Hall VP, Whitley D, Laskin DM, Bencharit S. How accurate are implant surgical guides produced with Desktop stereolithographic 3-dimensional printers? *J Oral Maxillofac Surg.* 2017;75(12):2559-e8.
3. Tenório JR, Souza ES, Marleny EMG, Vasconcelos BCE. Prototipagem e cirurgia guiada em implantodontia: revisão de literatura. *RFO.* 2015;20(1):110-4.

4. Kaza A, Rembalsky J, Roma N, Yellapu V, Delong WG, Stawicki SP. Medical applications of stereolithography: An overview. *Int J Acad Med.* 2018;4:252-65.
5. Mwema FM, Akinlabi ET. *Fused Deposition Modeling Strategies for Quality Enhancement.* 1 ed. Nova York: Springer; 2020.
6. Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *AJO-DO.* 2018;153(2):298-307.
7. Castro JHD, Stoppa MH. Prototipagem 3D aplicada a cirurgias de implantes dentários. *HOLOS.* 2018;34(8):49-58.
8. Gholamipour-Shirazi A, Kamlow MA, Norton IT, Mills T. How to Formulate for Structure and Texture via Medium of Additive Manufacturing-A Review. *Foods.* 2020;9(497):1-20.
9. Almeida LF. Efeito da fotopolimerização complementar em resinas para impressoras por estereolitografia em suas propriedades mecânicas e diferentes designs de impressão na precisão de modelos odontológicos (dissertação). São Paulo (SP): UNESP - Universidade Estadual Paulista; 2020.
10. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *BDJ.* 2015;219(11):521-9.
11. Huang Y, Zhang XF, Gao G, Yonezawa T, Cui X. 3D bioprinting and the current applications in tissue engineering. *Biotechnol J.* 2017;12:1-16.
12. Coelho AWF, Araujo AC, Thiré RMSM. Manufatura aditiva por estereolitografia: análise da geometria da peça e da influência da posição e orientação de fabricação. *Matéria.* 2018;23(4):1-8.
13. Vasconcelos BE, Farias RS, Matos JDM, Lima JFM, Castro DSM, Zogheib LV. A tecnologia 3D e suas aplicações na Odontologia moderna – uma revisão sistemática de literatura. *Full Dent. Sci.* 2018;10(37):1-8.
14. Ni J, Ling H, Zhang SI, Wang Z, Peng Z, Benyshek C, et al. Three-dimensional printing of metals for biomedical applications. *Materials Today Bio.* 2019;1:1-18.
15. Torabi K, Farjood E, Hamedani Sh. Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature. *J Dent Shiraz Univ Med Sci.* 2015;16(1):1-9.
16. Oberoi G, Nitsch S, Edelmayer M, Janjic K, Müller AS, Agis H. 3D Printing—Encompassing the Facets of Dentistry. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2018;6(172): 1-13.
17. Dutra DM, Nascimento LG, Araujo-Luck AMM, Bento PM. Aplicabilidade da prototipagem rápida na Odontologia – uma revisão de literatura. *Rev Ciênc Med e Biol.* 2017;16(1):89-95.
18. Costa ALF, Yasuda CL, Nahás-Scocate ACR. Utilização de softwares livres para visualização e análise de imagens 3D na Odontologia. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 2016;70(2):151-5.
19. Moura JR, da Silva NM, de Melo PHL, Lima SR. Aplicabilidade da tomografia computadorizada cone beam na odontologia. *Rev Odontol Araçatuba.* 2018;39(2):22-8.
20. Tallarico M. Computerization and Digital Workflow in Medicine: Focus on Digital Dentistry. *Materials.* 2020;13(2172):1-5.
21. Cantín M, Muñoz M, Olate S. Generation of 3D tooth models based on three-dimensional scanning to study the morphology of permanent teeth. *Int. J. Morphol.* 2015;33(2):782-7.
22. Joda T, Yeung AWK, Hung K, Zitzmann NU, Bornstein MM. Disruptive Innovation in Dentistry: What It Is and What Could Be Next. *JDR.* 2020;00:1-6.
23. Brown GB, Currier GF, Kadioglu O, Kierl JP. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions. *AJO-DO.* 2018;154(5):733-9.
24. Joda T, Matthisson L, Zitzmann NU. Impact of Aging on the Accuracy of 3D-Printed Dental Models: An In Vitro Investigation. *J Clin Med.* 2020;9(1436):1-7.
25. Tavares CC, Freire JCP, Freire SCP, Dias-Ribeiro E, Batista AUD. Aplicabilidade dos sistemas CAD/CAM em Prótese Total: revisão de literatura. *Arch Health Invest.* 2018;7(11):482-5.
26. Melo LS. Modelos de prototipagem rápida no diagnóstico e planejamento ortodôntico de caninos maxilares impactados. Brasília (DF): Universidade de Brasília; 2017.